颈静脉灌注精氨酸对泌乳中期奶牛血清生化和免疫指标的影响[1]

丁洛阳[1] 梁祥焕[2*] 王梦芝[1**] 张 军[1,2**] 王洪荣[1] 周 刚[1] 张 鑫[1] 徐巧云[1]

（1.扬州大学动物科学与技术学院，扬州 225009；2.扬州大学实验农牧场，扬州 225009）

摘 要：本文旨在研究颈静脉灌注精氨酸对泌乳中期奶牛血清生化和免疫指标的影响。采用3×3复式拉丁方试验设计，选择6头体重、胎次、泌乳期、泌乳量和体况基本一致的荷斯坦奶牛为试验动物，随机分为3组（每组2头），分别为酪蛋白组（对照组）、精氨酸组[灌注37.66 g/(L·d)]、丙氨酸组[与精氨酸组等氮，灌注77.24 g/(L·d)]；每个试验期为22 d（7 d灌注+15 d间隔），在每个试验灌注期的最后1 d晨饲前采血，测定血清生化和免疫指标。结果表明：精氨酸组的奶牛血清中总蛋白、免疫球蛋白G(IgG)、肿瘤坏死因子α（TNF-α）浓度要显著高于其他2组（P<0.05），白球比、白细胞介素1（IL-1）浓度显著高于丙氨酸组（P<0.05），但是牛奶中体细胞数显著低于其他2组（P<0.05），而血清中谷丙转氨酶、谷草转氨酶活性，免疫球蛋白A(IgA)、免疫球蛋白E（IgE）、白细胞介素6（IL-6）浓度在组间无显著差异（P>0.05）。综上，灌注精氨酸能够通过提高血清总蛋白、IgG及IL-1、TNF-α的浓度，从而一定程度上增强泌乳奶牛机体的免疫力和胎儿的被动免疫力。

关键词：颈静脉灌注；精氨酸；免疫球蛋白；细胞因子；体细胞数

中图分类号：S823

随着高密度集约化养殖的发展，动物常处于免疫应激状态中，导致动物体需要消耗更多的营养成分以维持免疫反应的需要[1]，从而导致动物对饲料利用效率降低，生长发育受到限制，引起生产性能的下降。而如何通过营养调控的方法来促进机体免疫力，进而提高生产性

收稿日期：2015-12-30

基金项目：江苏省自然科学基金基础研究项目（BK20141270，BK20151312）；江苏省高校研究生创新工程项目（KYLX14_1358）；江苏省优势学科（PAPD）

作者简介：丁洛阳（1991-），男，江苏常州人，硕士研究生，动物营养与饲料科学专业。E-mail: 15252571328@163.com

*同等贡献作者

**通信作者：王梦芝，副教授，硕士生导师，E-mail: mengzhiwangyz@126.com；张 军，副教授，硕士生导师，E-mail: yzu7788@163.com

能已成为当前主要的研究课题[2]。近年来的研究发现，机体内某些氨基酸除了为构成机体最基本物质（蛋白质）合成提供底物外，还能够通过自身及其代谢产物对机体内的许多代谢反应产生调节作用，精氨酸（arginine，Arg）作为机体的一种条件性必需氨基酸和功能性氨基酸[3-4]，已受到越来越多的关注。刘凤菊等[5]研究发现，当以平均日增重为评价指标时，1~3周龄雌性肉仔鸡的精氨酸需要量为1.38%。Zhou 等[6]在黄石斑鱼的研究中发现，黄石斑鱼幼鱼对饲料中精氨酸需要量为 2.8%。曾雯娉[7]研究报道，凡纳滨对虾幼虾对饲粮中精氨酸需要量为2.16%，而对于泌乳奶牛中精氨酸需要量尚未见明确的文献报道。而在应激、创伤或饥饿状态下，机体对精氨酸的需求大大增加，仅靠自身合成不能满足生理代谢的需求，必须及时补充。而且，精氨酸能够显著增加胸腺的重量并提高胸腺淋巴细胞数，可以缓解由于机体损伤所引起的胸腺萎缩[8]。Jahanian[9]研究发现，通过向肉鸡饲粮中添加高于 NRC 推荐量的精氨酸能够增强机体的免疫功能；还可通过提高家禽体内免疫球蛋白 A(IgA)、免疫球蛋白 M(IgM)以及 $CD4^+$细胞的浓度来提高对败血症的抵抗力[10]。此外，精氨酸还能有效地减轻或者消除机体在热应激情况下产生的免疫应答[11-13]，进而提高生产性能。在奶牛上的研究已经表明，提供 2 倍需要量的精氨酸能够提高乳腺上皮细胞分泌牛奶酪蛋白的含量[14]，但是，关于精氨酸对奶牛免疫性能的作用尚无直接研究报道。本课题组前期体外奶牛乳腺上皮细胞的研究表明，提供2倍需要量的精氨酸可获得最高的酪蛋白表达量。为此，本试验在灌注精氨酸研究其调控奶牛泌乳性能的基础上，通过测定奶牛血清免疫抗体、细胞因子等指标，来初步研究阐明精氨酸对泌乳中期奶牛机体免疫力的影响，以期为精氨酸在奶牛上的生产应用研究提供一些基础资料。

1 材料与方法

1.1 试验动物与试验设计

将试验牛随机分为3组，试验采用3×3复式拉丁方设计，每期22 d（包括灌注期7 d，间隔期15 d）。3组试验用灌注液分别为：酪蛋白组（对照组）、以对照组为基础的精氨酸组[本试验选择体外细胞培养试验促进酪蛋白表达最优的 2 倍精氨酸浓度进行灌注，灌注量为37.66 g/(L·d)][14]、丙氨酸组[与2倍精氨酸组等氮，灌注量为77.24 g/(L·d)]。灌注液由南京剑桥生物科技有限公司配制，每组每天经由颈静脉滞留针匀速灌注8 h，灌注总量皆为4 L。

表 1　基础饲粮组成及营养水平(干物质基础)

Table 1　Composition and nutrient levels of the basal diet (DM basis)　%

原料 Ingredients	含量 Content	营养水平 Nutrient levels [2)]	含量 Content
苜蓿 Alfalfa	15.30	泌乳净能 NE_L/(MJ/kg)	4.66
羊草 Chinese wildrye	10.47	粗蛋白质 CP	14.08
玉米青贮 Corn silage	28.80	非纤维性碳水化合物 NFC	40.27
玉米 Corn	21.50	中性洗涤纤维 NDF	34.99
棉籽粕 Cottonseed meal	6.10	酸性洗涤纤维 ADF	21.09
大豆粕 Soybean meal	6.80	粗脂肪 EE	3.96
干酒糟及其可溶物 DDGS	9.40	钙 Ca	0.91
磷酸氢钙 $CaHPO_4$	0.60	总磷 TP	0.59
食盐 NaCl	0.50		
预混料 Premix[1)]	0.53		
合计 Total	100.00		

[1)]预混料为每千克饲粮提供 The premix provided following per kg of diet:$CuSO_4$ 25 mg，$FeSO_4·H_2O$ 75 mg，$ZnSO_4·H_2O$ 105 mg，Co 0.002 4 mg，Na_2SeO_3 0.016 mg，VA 12 000 IU，VD_3 10 000 IU，VE 25 mg，烟酸 nicotinic acid 36 mg，胆碱 choline 1 000 mg。

[2)]饲粮泌乳净能依据各原料泌乳净能和饲粮中原料比例的计算，其他营养水平为实测值。NE_L in diet was calculated according to NE_L of ingredients and their percentages in diet, and the other nutrient levels were measured values.

1.2　样品采集

每个试验期结束时，每头试验牛颈静脉采血，1 份加入乙二胺四乙酸二钠（EDTA•Na_2）抗凝管中，用于血常规分析；1 份加入促凝管中，447.2×*g* 离心 20 min 并取血清，用于免疫球蛋白等生化指标测定。

1.3　血清 IgA、免疫球蛋白 G(IgG)、免疫球蛋白 E（IgE）浓度测定

采用北京华英生物技术研究所的牛 IgA、IgG、IgE 检测试剂盒（BS-0360），测定血清

中 IgA、IgG 及 IgE 浓度，具体测定步骤参照试剂盒说明书进行。

1.4 血清免疫细胞因子白细胞介素 1（IL-1）、白细胞介素 6（IL-6）及肿瘤坏死因子 α（TNF-α）浓度测定

IL-1、IL-6 及 TNF-α 浓度采用放射免疫法测定，所使用的酶联免疫分析（ELISA）试剂盒均购自上海 R&B 公司（CK-E94174B、CK-E92031B、CK-E92026B），具体测定步骤参照试剂盒说明书进行。

1.5 血常规及血清生化指标测定

总蛋白浓度、白球比、谷丙转氨酶及谷草转氨酶活性在扬州市疾病控制中心测定。

1.6 统计分析

试验数据用 Excel 2003 整理统计后，利用 SAS 9.0 软件中的方差分析（ANOVA）进行显著性检验和多重比较。*P* 值小于 0.05 为显著差异水平。

2 结果与分析

2.1 血清免疫球蛋白浓度和牛奶体细胞数

由表 2 可知，各组间血清中 IgA 与 IgE 浓度无显著差异(P>0.05)，而 IgG 浓度以精氨酸组最高，丙氨酸组次之，酪蛋白组最低，组间差异显著（P<0.05）。此外颈静脉灌注精氨酸能够显著降低牛奶中体细胞数，精氨酸组奶牛牛奶中的体细胞数显著低于酪蛋白组及丙氨酸组(P<0.05)，酪蛋白组与丙氨酸组间无显著差异(P>0.05)。

表 2 精氨酸灌注对泌乳奶牛血清免疫球蛋白浓度和牛奶体细胞数的影响

Table 2 Effects of arginine infusion on serum immunoglobulin concentrations and milk SCC of lactating cows

项目 Items	酪蛋白组 Casein group	精氨酸组 Arginine group	丙氨酸组 Alanine group	SEM	*P* 值 *P*-value
免疫球蛋白 A IgA/(g/L)	0.63	0.54	0.62	0.07	0.38
免疫球蛋白 E IgE/(g/L)	23.33	21.33	22.33	1.10	0.22
免疫球蛋白 G IgG/(IU/mL)	8.39^{c}	10.64^{a}	9.49^{b}	0.33	<0.01
牛奶体细胞数 Milk SCC/(10^4 个/mL)	64.86^{a}	45.96^{b}	66.28^{a}	5.62	<0.01

同行数据肩标无字母或相同字母表示差异不显著(P＞0.05)，不同字母表示差异显著(P＜0.05)。下表同。

In the same row, values with no letter or the same letter superscripts mean no significant difference (P>0.05), while with different letter superscripts mean significant difference (P<0.05). The same as below.

2.2 血清生化指标

由表 3 可知，颈静脉灌注精氨酸能够显著提高泌乳奶牛血浆中总蛋白的浓度及白球比（*P*<0.05），而谷丙转氨酶及谷草转氨酶活性没有显著的变化（*P*>0.05）。

表 3 精氨酸灌注对泌乳奶牛血清生化指标的影响

Table 3 Effects of arginine infusion on serum biochemical indices of lactating cows

项目 Items	酪蛋白组 Casein group	精氨酸组 Arginine group	丙氨酸组 Alanine group	SEM	*P* 值 *P*-value
总蛋白 TP/(g/L)	81.86^{b}	86.46^{a}	81.34^{b}	1.95	0.04
白球比 A/G	0.46^{b}	0.53^{a}	0.50^{ab}	0.03	0.10
谷丙转氨酶 ALT/(U/L)	25.33	28.50	28.83	2.48	0.33
谷草转氨酶 AST/(U/L)	58.83	57.83	58.50	3.59	0.96

2.3 免疫细胞因子

由表 4 可知，泌乳牛血清中 IL-6 浓度不受灌注精氨酸的影响，各组间 IL-6 浓度没有显著差异（*P*>0.05）；而精氨酸组血清中 IL-1 浓度最高，要显著高于酪蛋白组（*P*<0.05），但是与丙氨酸组之间差异不显著（*P*>0.05）。TNF-α 浓度以精氨酸组最高，显著高于其他 2 组（*P<0.05*），这 2 组之间无显著差异（*P*>0.05）。

表 4 精氨酸灌注对泌乳奶牛血清免疫细胞因子浓度的影响

Table 4 Effects of arginine infusion on serum immuno-cytokine concentrations of lactating cows

项目 Items	酪蛋白组 Casein group	精氨酸组 Arginine group	丙氨酸组 Alanine group	SEM	*P* 值 *P*-value
白细胞介素 1 IL-1/(pg/L)	170.64^{b}	198.54^{a}	188.21^{ab}	10.45	0.05
白细胞介素 6 IL-6/(pg/L)	54.12	55.98	60.03	2.92	0.15
肿瘤坏死因子 α TNF-α/(pg/L)	52.78^{b}	64.85^{a}	52.82^{b}	4.04	0.01

3 讨 论

3.1 精氨酸灌注对泌乳奶牛血清免疫球蛋白浓度和牛奶体细胞数的影响

精氨酸在体内除了作为多种化合物底物参与机体组织代谢与蛋白质代谢外，还可作为一种游离型的氨基酸间接参与细胞增殖，神经传递及免疫应答等活动。研究表明，精氨酸在精氨酸酶的作用下分解产生鸟氨酸，其进一步分解生成的多胺对细胞增殖、创面愈合有重要作用[15]；在一氧化氮合成酶的作用下生成的一氧化氮能够灭杀病毒、细菌和肿瘤细胞等[16-17]。因此，精氨酸与机体免疫功能等密切相关[18-20]。免疫球蛋白能够与抗原结合，激活机体自身的免疫反应，还能够刺激抗体生成，产生多种生物学效应[21]。其中，IgG 在血清中的浓度最

高，具有调理吞噬、结合细菌等颗粒抗原等免疫作用[22]，而且是唯一能通过胎盘的免疫球蛋白，在自然被动免疫中起重要作用[23]。IgA 和 IgE 能够耐受蛋白酶的消化作用，是机体消化道和呼吸道免疫的主要抗体[24]。

精氨酸能够通过提高胃癌患者血清中 IgA、IgM 以及 $CD4^+$的浓度提高病患对胃癌的抵抗力[10,25]；还能够显著提高大鼠肠道中淋巴结数量和 IgA 的浓度，并显著提高试验大鼠的存活率[26]。饲粮中添加 0.3%和 0.6%的精氨酸能够显著提高艾美耳球虫攻毒后肉仔鸡血清中 IgM 和 IgG 浓度，改善肉鸡的体液免疫水平[27]。Tan 等[28]在肉鸡中通过强饲球虫疫苗诱发空肠炎症反应，在补给精氨酸后发现肠黏膜中 IgA 和 IgG 的浓度有显著的提高。在泌乳母猪的研究中也发现，精氨酸组母猪血清中 IgG、IgM 的浓度要显著高于对照组[29]。本试验在奶牛的研究上发现，精氨酸可显著提高泌乳奶牛血清中 IgG 浓度，而对 IgA、IgE 浓度却没有显著影响。与上述其他畜禽添加效果并不完全一致，可能是由于物种不同所致，但也提示精氨酸可通过提高血清 IgG 进而提高奶牛机体本身的免疫力和胎儿的被动免疫力。

牛奶体细胞数是指每毫升牛奶中的细胞数，多数是白细胞，通常由巨噬细胞、淋巴细胞、多形核嗜中性白细胞和少量乳腺组织上皮细胞等组成，约占牛体细胞数的 95%，其余是乳腺组织死去脱落的上皮细胞[30]。牛奶中体细胞数是评价奶牛乳房健康状况和牛奶质量的重要指标，当奶牛泌乳系统受到细菌侵袭而发生感染和损伤时，承担机体损伤修复以及排除感染功能的白细胞就会在乳腺中大量集聚，进而促使牛奶中体细胞数大幅上升[31]。前人研究发现，饲粮中补充精氨酸能够显著提高母猪的泌乳性能[32]，而本试验研究发现灌注精氨酸能够显著降低泌乳奶牛牛奶中体细胞数。

3.2 精氨酸灌注对泌乳奶牛血清生化指标的影响

血清总蛋白主要在肝脏中合成，由血清白蛋白和血清球蛋白组成，血清总蛋白在体内除了作为机体的主要营养源，还参与维持体内的渗透压，作为机体蛋白质的重要来源用于组织修补，其浓度的高低直接反映出动物生长发育情况和生理健康状态。本试验在奶牛上的结果发现，精氨酸显著提高了血清中总蛋白浓度，作为机体免疫球蛋白的合成原料，血清蛋白质浓度的升高，不仅反映了泌乳奶牛对饲粮蛋白质利用率的改善，而且还改善了机体的体液免疫水平。李新国[33]在 7 日龄断奶仔猪饲粮中添加 0.6%和 0.8%精氨酸的研究发现，精氨酸能显著提高仔猪血清中总蛋白浓度，廖英杰等[34]在团头鲂幼鱼饲粮补充精氨酸发现，血清总

蛋白浓度随着饲粮精氨酸水平升高而显著升高，Zhou 等[35]在南美白对虾的研究中也发现类似规律。白球比作为临床医学上肝功能检测的一个重要指标，其数值的高低能够一定程度地反映机体的免疫状况，本试验中向机体补充精氨酸显著提高了总蛋白中白球比，进而可提高泌乳奶牛的机体健康状态。刘玉兰等[36]通过向仔猪饲粮中添加精氨酸的研究发现，精氨酸能够在一定程度上缓解脂多糖刺激所导致的总蛋白、白蛋白浓度的降低，提高白球比。杨慧等[29]也发现精氨酸能够显著提高母猪血清中白球比，并通过促进机体蛋白质的合成来维持机体血液中抗体的合成和分泌，从而提高机体的免疫力[37]。

谷丙转氨酶与谷草转氨酶是广泛存在于动物细胞线粒体中的 2 种氨基转移酶，在机体蛋白合成与氨基酸代谢起着重要作用，它们的活性与氨基酸代谢强弱有一定关联[38]。本试验中灌注精氨酸并没有对 ALT 及 AST 的活性产生影响。这一结果与潘杰等[39]在断奶仔猪上的研究发现的结果一致。

3.3 精氨酸灌注对泌乳奶牛血清中细胞因子浓度的影响

细胞因子 IL-1 和 IL-6 作为一种淋巴细胞刺激因子，可以促进 B 细胞增殖和抗体分泌[40-41]。TNF-α 对肿瘤细胞具有直接的抑制增殖和坏死作用，但对正常细胞的生长分化及其代谢功能的发挥无影响。此外，TNF-α 还可通过活化巨噬细胞，诱导免疫调节介质的产生来介导免疫应答[42-43]。本试验结果表明，精氨酸能够提高泌乳奶牛血清中免疫细胞因子 IL-1 和 TNF-α 的浓度，这一结果与郭祎玮[44]在肉仔鸡中所发现的结果一致，该试验通过向饲粮中添加不同水平的精氨酸发现，肉仔鸡血清中 IL-1 和 TNF-α 浓度随饲粮中精氨酸添加量的上升呈二次上升趋势，李新国[33]在断奶仔猪中的研究也发现，饲粮中添加 0.8%精氨酸能够显著提高仔猪脾脏中 *TNF-α* 的基因表达量。这些结果均表明，精氨酸能够在一定程度上提高 IL-1 和 TNF-α 的浓度，通过促进炎症反应而有利于吞噬细胞清除侵入机体的病原体，进而提高泌乳奶牛机体的自我防御能力。

另有研究报道，给肌注脂多糖（LPS）引发全身炎症反应的肉鸡补给精氨酸，可缓解 *IL*-1 和 *IL*-6 的过量表达，并减轻由于 LPS 引起的炎症反应[45]；给注射 LPS 引发炎症反应的断奶仔猪饲粮中补充精氨酸，可抑制 LPS 引起肠道中 *IL*-6 和 *TNF-α* 的过量表达，进而缓解了机体的炎症反应[46]；向热应激小鼠饲粮中添加精氨酸，有利于改善由于热应激引起的 *IL*-1、干扰素 γ（*INF-γ*）、*TNF-α* 等 mRNA 的过量表达，从而缓解机体的热应激并降低小鼠死

亡率[47]。以上研究表明，补给精氨酸还能缓解免疫应激或热应激状态下机体的炎症反应和应激状态，这在今后精氨酸在奶牛的应用研究中还需要进一步的开展试验予以阐明。

4 结 论

综上，颈静脉灌注精氨酸提高了奶牛血清中白球比及总蛋白、IgG 及 IL-1 和 TNF-α 的浓度，且能够降低牛奶中体细胞数，有利于提高奶牛机体的免疫能力和胎儿被动的免疫力。

参考文献：

[1] COOK M E.Triennial growth symposium:a review of science leading to host-targeted antibody strategies for preventing growth depression due to microbial colonization[J].Journal of Animal Science,2011,89(7):1981–1990.

[2] 段晓燕,柏辛喆,李东清.畜禽营养对免疫应激的影响[J].畜牧兽医杂志,2014,33(2):29–31,41.

[3] LI P,YIN Y L,LI D F,et al.Amino acids and immune function[J].British Journal of Nutrition,2007,98(2):237–252.

[4] WU G Y,MEININGER C J,KNABE D A,et al.Arginine nutrition in development,health and disease[J].Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care,2000,3(1):59–66.

[5] 刘凤菊,呙于明,王磊.1~3 周龄雌性肉仔鸡精氨酸需要量[J].动物营养学报,2011,23(4):571–577.

[6] ZHOU Q C,ZENG W P,WANG H L,et al.Dietary arginine requirement of juvenile yellow grouper *Epinephelus awoara*[J].Aquaculture,2012,350–353:175–182.

[7] 曾雯娉.凡纳滨对虾幼虾对赖氨酸、蛋氨酸、精氨酸和苯丙氨酸需要量的研究[D].硕士学位论文.湛江:广东海洋大学,2012:24–30.

[8] KETTELER M,IKEGAYA N,BREES D K,et al.*L*-arginine metabolism in immune-mediated glomerulonephritis in the rat[J].American Journal of Kidney Diseases,1996,28(6):878–887.

[9] JAHANIAN R.Immunological responses as affected by dietary protein and arginine concentrations in starting broiler chicks[J].Poultry Science,2009,88(9):1818–1824.

[10] ZHAO H Y,ZHAO H Y,WANG Y,et al.Retracted article:randomized clinical trial of

arginine-supplemented enteral nutrition versus standard enteral nutrition in patients undergoing gastric cancer surgery[J].Journal of Cancer Research and Clinical Oncology,2013,139(9):1465–1470.

[11] 曾静.*L*-精氨酸对热应激小鼠免疫功能的影响及其可能机制[D].硕士学位论文.广州:中国人民解放军第一军医大学,2003:33–40.

[12] 张灿菲.精氨酸对急性热应激鸡肠道黏膜免疫的影响[D].硕士学位论文.武汉:华中农业大学,2008:22–29.

[13] ZHU W,JIANG W,WU L Y.Dietary *L*-arginine supplement alleviates hepatic heat stress and improves feed conversion ratio of Pekin ducks exposed to high environmental temperature[J].Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition,2014,98(6):1124–1131.

[14] WANG M Z,XU B L,WANG H R,et al.Effects of arginine concentration on the *in vitro* expression of casein and mTOR pathway related genes in mammary epithelial cells from dairy cattle[J].PLoS One,2014,9(5):e95985.

[15] SODA K,DOBASHI Y,KANO Y,et al.Polyamine-rich food decrease age-associated pathology and mortality in aged mice[J].Experimental Gerontology,2009,44(11):727–732.

[16] FANG Y Z,YANG S,WU G Y.Free radicals,antioxidants,and nutrition[J].Nutrition,2002,18(10):872–879.

[17] BOGDAN C.Nitric oxide and the immune response[J].Nature Immunology,2001,2(10):907–916.

[18] EFRON D,BARBUL A.Role of arginine in immunonutrition[J].Journal of Gastroenterology,2000,35(Suppl.12):20–23.

[19] WIESINGER H.Arginine metabolism and the synthesis of nitric oxide in the nervous system[J].Progress in Neurobiology,2001,64(4):365–391.

[20] LAMAS B,VERGNAUD-GAUDUCHON J,GONCALVES-MENDES N,et al.Altered functions of natural killer cells in response to *L*-arginine availability[J].Cellular Immunology,2012,280(2):182–190.

[21] 廖明,辛朝安,张春红,等.家禽免疫学基础知识[J].中国兽医杂志,1996,22(1):49–51.

[22] 张和平,郭军.乳中特异性免疫球蛋白(IgG 乳抗体)的开发及应用[J].乳业科学与技术,2004(3):106–110.

[23] 杨晓宇.莎能奶山羊初乳理化性质及其免疫球蛋白(IgG)的研究[D].博士学位论文.西安:陕西师范大学,2006:8–10.

[24] SVANBORG C.Bacterial adherence and mucosal immunity[M]//OGRA P L,LAMM M E,MCGHEE J R,et al.Handbook of mucosal immunology.New York:Academic Press,1994:71–78.

[25] CHEN D W,FEI Z W,ZHANG Y C,et al.Role of enteral immunonutrition in patients with gastric carcinoma undergoing major surgery[J].Asian Journal of Surgery,2005,28(2):121–124.

[26] SHANG H F,WANG Y Y,LAI Y N,et al.Effects of arginine supplementation on mucosal immunity in rats with septic peritonitis[J].Clinical Nutrition,2004,23(4):561–569.

[27] PEREZ-CARBAJAL C,CALDWELL D,FARNELL M,et al.Immune response of broiler chickens fed different levels of arginine and vitamin E to a coccidiosis vaccine and *Eimeria* challenge[J].Poultry Science,2010,89(9):1870–1877.

[28] TAN J Z,APPLEGATE T J,LIU S S,et al.Supplemental dietary *L*-arginine attenuates intestinal mucosal disruption during a coccidial vaccine challenge in broiler chickens[J].British Journal of Nutrition,2014,112(7):1098–1109.

[29] 杨慧,林登峰,林伯全,等.饲粮添加不同水平 *L*-精氨酸对泌乳母猪生产性能、血清氨基酸浓度和免疫生化指标的影响[J].动物营养学报,2012,24(11):2103–2109.

[30]杨爱君,阮征,曾庆孝.控制体细胞数在优质生鲜奶生产中的应用[J].中国乳品工业,2005,33(1):53–56.

[31]唐平.牛奶体细胞快速检测方法的研究[D].硕士学位论文.杭州:浙江大学,2006:2–4.

[32]刘星达,彭瑛,吴信,等.精氨酸和精氨酸生素对母猪泌乳性能及哺乳仔猪生长性能的影响[J].饲料工业,2011,32(8):14–15.

[33] 李新国.精氨酸在早期断奶仔猪营养中的应用研究[D].硕士学位论文.长沙:湖南农业大学,2010:34–42.

[34] 廖英杰,刘波,任鸣春,等.精氨酸对团头鲂幼鱼生长、血清游离精氨酸和赖氨酸、血液生化及免疫指标的影响[J].中国水产科学,2014,21(3):549–559.

[35] ZHOU Q C,ZENG W P,WANG H L,et al.Dietary arginine requirement of juvenile Pacific white shrimp,*Litopenaeus vannamei*[J].Aquaculture,2012,364–365:252–258.

[36] 刘玉兰,黄晶晶,范伟,等.*L*-精氨酸对脂多糖刺激断奶仔猪生产性能、血液生化指标和内脏器官重量的影响[J].动物营养学报,2008,20(2):140–145.

[37] FRANK J W,ESCOBAR J,NGUYEN H V,et al.Oral N-carbamylglutamate supplementation increases protein synthesis in skeletal muscle of piglets[J].The Journal of Nutrition,2007,137(2):315–319.

[38] 杜强.卵形鲳鲹赖氨酸和蛋氨酸需求量及饲料中鱼粉替代的研究[D].硕士学位论文.上海：上海海洋大学,2012.

[39] 潘杰,陈荣军,姚康,等.精氨酸对断奶仔猪生长性能・器官重及血液生化参数的影响[J].安徽农业科学,2009,37(7):2981–2982,2990.

[40] NIJSTEN MW,HACK CE,HELLE M,et al.Interleukin-6 and its relation to the humoral immune response and clinical parameters in burned patients[J].Surgery,1991,109(6):761–767.

[41] AKIRA S,HIRANO T,TAGA T,et al.Biology of multifunctional cytokines:IL 6 and related molecules (IL 1 and TNF)[J].The FASEB Journal,1990,4(11):2860–2867.

[42] KOSS M,PFEIFFER Ⅱ G R,WANG Y,et al.Ezrin/radixin/moesin proteins are phosphorylated by TNF-α and modulate permeability increases in human pulmonary microvascular endothelial cells[J].The Journal of Immunology,2006,176(2):1218–1227.

[43] ZHANG W D,CHEN Z,LI F,et al.Tumour necrosis factor-α (*TNF-α*) transgene-expressing dendritic cells (DCs) undergo augmented cellular maturation and induce more robust T-cell activation and anti-tumour immunity than DCs generated in recombinant TNF-α[J].Immunology,2003,108(2):177–188.

[44] 郭祎玮.精氨酸对肉仔鸡生长性能和免疫功能的影响及其机理研究[D].硕士学位论文.呼和浩特:内蒙古农业大学,2014:31–36.

[45] TAN J Z,LIU S S,GUO Y M,et al.Dietary *L*-arginine supplementation attenuates lipopolysaccharide-induced inflammatory response in broiler chickens[J].British Journal of Nutrition,2014,111(8):1394–1404.

[46] LIU Y L,HUANG J J,HOU Y Q,et al.Dietary arginine supplementation alleviates intestinal mucosal disruption induced by *Escherichia coli* lipopolysaccharide in weaned pigs[J].British Journal of Nutrition,2008,100(3):552–560.

[47] CHATTERJEE S,PREMACHANDRAN S,BAGEWADIKAR R S,et al.Arginine metabolic pathways determine its therapeutic benefit in experimental heatstroke:role of Th_1/Th_2 cytokine balance[J].Nitric Oxide,2006,15(4):408–416.

Effects of Arginine Infusion through Jugular Vein on Serum Biochemical and Immune Indices of Dairy Cows at Mid-Lactation

DING Luoyang[1] LIANG Xianghuang[2*] WANG Mengzhi[1**] ZHANG Jun[1,2**] WANG Hongrong[1] ZHOU Gang[1] ZHANG Xin[1] XU Qiaoyun[1]

(*1. College of Animal and Technology, Yangzhou University, Yangzho*u 225009, *China; 2. Experimental Farm of Yangzhou University*, *Yangzhou* 225009, *China)*

Abstract: This study was conducted to investigate the effects of arginine infusion through jugular vein on serum biochemical and immune indices of dairy cows at mid-lactation. A 3×3 Latin square trail was used. Six healthy lactating cows at similar lactation stages with similar body weight, parities, days in milk, milk yield and body condition were selected and divided into 3 groups (2 for each group), which were casein group (control group), arginine group [infused 37.66 g/(L·d)], and alanine group [equal nitrogen to arginine group, infused 77.24 g/(L·d)]; three periods of test were carried out, and each period lasted for 22 d (7-day infusion period plus 15-day interval period). Blood was collected before morning feeding at the last day of infusion period to detect serum biochemical and immune indices. The results showed as follows: the concentrations of total protein, immunoglobulin G (IgG), tumor necrosis factor α (TNF-α) in serum in arginine group were significantly higher than those in other groups (P<0.05), the concentrations of interleukin 1 (IL-1) and the ratio of albumin to globulin in arginine group were significantly higher than those

in alanine group (P<0.05), and the number of somatic cells in milk in arginine group was significantly lower than that in other 2 groups (P<0.05), but no significant differences were found in the activities of gluamic-pyruvic transaminase and glutamic oxalacetic transaminase, and the concentrations of immunoglobulin A (IgA), immunoglobulin E (IgE) and interleukin 6 （IL-6） among groups (P>0.05). In conclusion, arginine infusion can promote immunity performance of lactating cows and the passive immunity of fetus in some degree by increasing serum total protein, IgG, IL-1 and TNF-α concentrations.

Key words: jugular vein infusion; arginine; immune globulin; cytokine; somatic cells

---

*Contributed equally
*Corresponding authors: WANG Mengzhi, associate professor, E-mail: mengzhiwangyz@126.com; ZHANG Jun, associate professor, E-mail: yzu7788@163.com （责任编辑　王智航）